第34卷 第2期 昆 虫 学 报 Vol. 34, No. 2
1991年5月 ACTA ENTOMOLOGICA SINICA May, 1991

油松毛虫的光周期反应:温度和营养对临界光周的影响*

李兆麟 贾凤友

(中国林业科学研究院林业科学研究所,北京 100091)

摘要 油松毛虫 *Dendrolimus tabulaeformis* Tsai et Liu 的临界光周值,在适温区内随温度的下降而增加。不同季节和不同生长阶段的油松针叶,即营养质量不同的针叶,对油松毛虫幼虫的生长、发育和存活影响明显,从而影响着油松毛虫的光周期反应。这些结果,为油松毛虫的世代发生及种群动态的预测提供了一定的依据。

关键词 油松毛虫 光周期反应 临界光周 温度 营养

作为普遍的生态学现象,昆虫的生活节律与环境因子的周期变化有着非常明显的同步性。在温带,温度的年变化更是植物和变温动物生活节律变化的主要原因。就某些长日照型昆虫来说,除了光周,一年中存在着节律变化的许多因子,如温度、湿度、寄主营养成分等都可对滞育产生影响。

油松毛虫 *Dendrolimus tabulaeformis* Tsai et Liu 有着明显的光照周期反应,作者已经做了报道(李兆麟等,1989)。在北方,短日照是油松毛虫幼虫进入滞育的决定因子。温度较之由纬度决定的日出日落,其年度变异幅度要大的多,它还同时影响着寄主植物的生活节律,所有这些又都与害虫种群的变动情况有关。

本文就是在已经掌握了油松毛虫光周期反应的基础上,为了进一步了解温度、营养等因素对临界光周的影响,进行了以下试验。其结果如下。

材料和方法

一、试虫来源:本项工作中所用的全部试虫是在恒定条件下(光周 L:D = 16:8,温度 28℃±0.5℃,相对湿度 75%±5%,光照度 1200 勒克斯)室内连续饲养得到的各代初孵幼虫。

二、于一年中不同月份(3、6、8、10、11、12 月)分别在不同温度(22℃、24℃、26℃、27℃、28℃)条件下进行光周期试验。光周试验方法同前(李兆麟等,1989)。不同温度试验时,相对湿度均保持在 75±5%,从而得到不同季节、不同温度条件下的临界光周。

三、营养对油松毛虫幼虫生长,发育影响试验:在与试虫饲养条件相同的情况下,待卵孵化后,分下述五种不同处理进行群体饲养。

处理 I:初孵用当年生针叶饲养,进入 2 龄后,改用混合针叶;处理 II:初孵和 2 龄用当年生针叶饲养,进入 3 龄后,改用混合针叶;处理 III:全部用当年生针叶饲养;处理

本文于 1988 年 5 月收到。

* 方差分析得到中国农业科学院植物保护研究所郭予元先生指导,谨此致谢。

IV：全部用二年生针叶饲养；处理 V：全部用三年生针叶饲养。

上述每项处理均设 3 个重复，试验中分别记录发育速度，排粪量及各龄期的死亡数。

结果和讨论

通过本项工作证明，油松毛虫的光周期反应，在适温区内，不仅受温度的影响，当在同样温度下，用不同季节和不同生长阶段的油松针叶饲养松毛虫幼虫时，它们的临界光周值也不一样。

表 1 是不同季节、不同温度条件下进行的 9 次油松毛虫光周期试验的结果。从中可以明显看到温度对油松毛虫临界光周的影响，即随着温度下降，临界光周值在增加，但其中也有例外：1. 同样是 28℃，同时进行的试验，仅仅由于喂食的针叶发育阶段不同，油松毛虫的临界光周值出现了差异；2. 27℃ 下，用冬眠尚未恢复的油松针叶饲养的油松毛虫幼虫，它们的临界光周值不仅大于 24℃ 和 26℃，而且试虫的发育历期延长，其存活率也是所有试验中最低的。上述情况说明，油松针叶营养成分的改变，不仅影响着油松毛虫的存活、生长和发育，也影响油松毛虫的光照周期反应。

表 1　不同季节不同温度条件下油松毛虫的临界光周值

试虫来源	试验温度（℃）	试验日期（年·月）	供试虫数（头）	历期（天）	存活虫数（头）	存活%	临界光周（小时）
室内16小时光周条件下连续饲养第三代	28	1986.11	750	28	690	92	14.12
室内第六代	28	1987.8	750	28	709	94.5	14.18
室内第八代	26	1987.12	750	28	595	79.3	14.20
室内第六代*	28	1987.8	750	28	710	94.7	14.65
室内第五代	26	1987.6	781	28	715	91.6	14.98
室内第七代	24	1987.10	552	28	514	93.1	15.20
室内第四代	27	1987.3	563	36	118	20.9	15.32
室内第四代	24	1987.3	574	36	278	48.4	15.78
室内第八代	22	1987.12	750	28	551	73.5	15.83

* 用二、三年针叶饲养。

表 2 是前述 9 次光周试验中16小时光照条件下试虫的生长情况。这些数据说明，不同季节不同生长阶段的油松针叶，即食物的营养质量不同，对松毛虫的生长发育有明显的影响。特别是处于冬眠状态下的油松，在它越冬后复苏前对油松毛虫幼虫的生长和存活影响更大。

图 1 和表 3 是用不同发育阶段的油松针叶饲养油松毛虫幼虫的结果。从这组试验可看到，幼虫孵出后，取食不同的油松针叶，对它们的发育速度和整个生活历期都有着明显的影响。排粪量的差异，实际反映着幼虫的取食和营养状况。前三项处理与后两项的明显差异，说明当年生针叶是油松毛虫初孵幼虫的适宜食料，这与自然界中油松毛虫初孵幼虫在正常情况下的取食以及油松毛虫成虫的产卵习性是一致的。

处理 II，在各方面的表现均明显地优于其它各处理，反映出了油松毛虫的发生与寄主季节节律的一致性。在北京地区，每年 7 月，第一代幼虫孵出后，随着季节的变化，3 龄以后，逐渐进入滞育状态。越冬后，4 月下旬，油松当年生的针叶尚未长出，只能取食已有的

表 2 不同季节、不同温度条件下油松毛虫幼虫的生长发育情况

试虫来源	试验日期（年·月）	试验温度（℃）	供试虫数（头）	重复数	试验期间各龄幼虫死亡情况 初孵 虫数（头）	初孵 占存活%	2龄 虫数（头）	2龄 占存活%	3龄 虫数（头）	3龄 占存活%	4龄 虫数（头）	4龄 占存活%	>4龄 虫数（头）	>4龄 占存活%	总计 死亡%	总计 不计初孵死亡%	幼虫进入5龄所需天数 开始	幼虫进入5龄所需天数 ≥80%
室内第三代	1986.11	28	150	3	5	3.3	4	2.7	2	1.4	0	0	0	0	7.3	4.1	20	26
室内第六代	1987.8	28	150	3	0	0	5	3.3	0	0	0	0	0	0	3.3	3.3	20	22
室内第六代*	1987.8	28	150	3	0	0	6	4	0	0	2	1.4	0	0	5.3	5.3	24	26
室内第五代	1987.6	26	153	3	1	0.6	9	5.9	2	1.4	2	1.4	0	0	9.2	8.5	24	26
室内第七代	1987.10	24	150	3	7	4.7	1	0.7	2	1.4	3	2.1	2	1.5	10	5.6	20	24
室内第八代	1987.12	26	150	3	6	4	12	8.3	13	9.9	2	1.7	0	0	22	18.1	20	24
室内第八代	1987.12	22	150	3	15	10	18	13.3	10	8.6	1	1	0	0	29.3	21.5	24	28
室内第四代	1987.3	27	126	3	32	25.4	41	43.6	16	30.2	3	8.1	11	32.4	81.8	75.5	25	34
室内第四代	1987.3	24	120	3	39	32.5	28	34.6	3	5.6	7	14	7	16.3	70	55.6	31	37

* 仅用二、三年生针叶饲养。

表 3 不同发育阶段的油松针叶对油松毛虫生长发育的影响

试验编号	重复数	总虫数（头）	试验期间各龄幼虫死亡情况 初孵 虫数（头）	初孵 死亡%（头）	2龄 虫数（头）	2龄 死亡%（头）	3龄 虫数（头）	3龄 死亡%（头）	4龄 虫数（头）	4龄 死亡%（头）	>5龄 虫数（头）	>5龄 死亡%（头）	总计 死亡%（头）	总计 不计初孵死亡%	总计 >4龄占死亡数%	发育历期 幼虫进入5龄 开始（天）	幼虫进入5龄 ≥80%进入（天）	结茧 开始（天）	结茧 高峰（天）	40天后存活幼虫中≤4龄 虫数（头）	40天后存活幼虫中≤4龄 占存活总数%
I	3	182	29	15.9	13	8.5	1	0.7	1	0.7	0	0	24.8	9.8	0	20	26	36	41	8	5.8
II	3	171	14	8.2	7	4.5	3	2	0	0	0	0	14.04	7.6	0	20	24	32	41	8	5.4
III	3	164	9	5.5	0	0	5	3.2	4	2.7	1	0.7	11.59	6.5	5.3	20	27	36	46	17	11.72
IV	3	163	9	5.5	6	3.9	11	7.4	48	35	28	31.5	62.58	60.4	27.45	24	41*	44	61	18	29.51
V	3	156	19	12.2	3	2.2	1	0.7	5	3.8	12	9.4	25.64	15.3	30	24	41	41	51	22	18.97

* 41 天 5 龄幼虫仅占存活虫数的 76.3%。

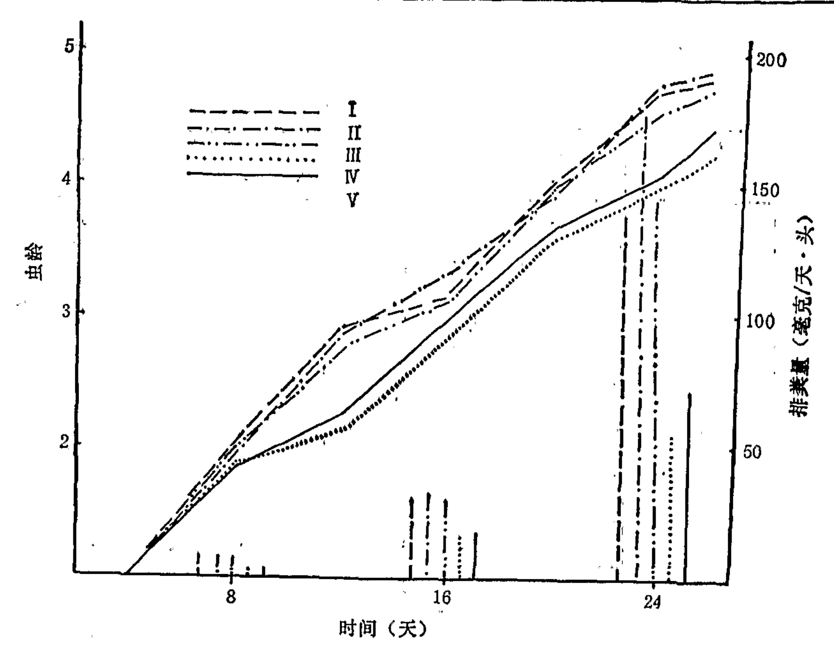


图 1　不同处理油松毛虫幼虫(群体)的发育速度及日排粪量

松针。这已是害虫与寄主在长期进化过程中相互适应的结果。

上述试验结束后，于 9 月中旬，作者将用于试验的当年生和二年生的油松针叶，分别进行了营养成分分析。初步得出，二年生油松针叶的氨基酸含量较当年生的要高出 50%，而总醣量的增加尚不到 10%。当年生和二年生油松针叶中氨基酸和总醣的比分别为 1:1.05 和 1:0.7。这是否就是出现试验中差别的原因，仅凭少量分析结果，难于得出确切的结论，尚需进一步的试验证实。

前述试验各处理的结果，反映出油松毛虫幼虫不同龄期在营养需求上可能存在着差异。不同发育阶段油松针叶饲养的油松毛虫幼虫各龄的死亡率也明显不同，特别是初孵幼虫不用当年生针叶喂养的，其老龄死亡率及历期均明显增加，是否还反映幼龄营养的适宜与否会影响到后期的生长和存活。目前也还不能得出确切的结论。但这一现象在油松毛虫的营养生理和种群数量变动中是值得注意的。

为了进一步分析温度及营养对临界光周的影响，分别对油松的生长季节（6—8 月）和非生长季节(11—12 月)，即两种不同质量的营养及两种温度(26℃ 和 28℃) 条件，五种不同光照长度下油松毛虫的光照周期反应，即 4 次油松毛虫临界光周的测定结果，进行方差分析，结果见表 4 和表 5。

分析结果，进一步肯定了油松毛虫的光照周期反应，油松毛虫幼虫滞育的决定因子是光照时间的长短。营养和温度对临界光周值的变化都有显著的影响。

查 1951—1970 年北京地区 7 月份平均气温为 25.96℃，最高年份 (1961) 为 27.6℃，最低年份(1954)为 23.4℃，根据前述试验结果，在这样环境下生活的油松毛虫，每年它的临界光周值应有所变化，变化范围在 14 小时 20 分至 15 小时之间，这一情况恰与北京地区当时的日照时数以及晨昏曚影的情况相吻合。实际工作中，结合当年的气象资料和第一代油松毛虫的孵化高峰，即可大致得出当年油松毛虫种群越冬时滞育和休眠个体的分

表 4 油松毛虫幼虫取食不同季节的油松针叶在不同温度不同光照长度下的滞育率

光 周 (L:D)	温 度 (℃)	营 养* (月)	试虫数 (头)	滞育%		
				重复次数 1	重复次数 2	重复次数 3
16:8	26	6—8	153	4.3	14.6	20.9
		11—12	150	2.5	0	9.8
	28	6—8	150	0	2	0
		11—12	147	0	2.1	4.3
15:9	26	6—8	150	29.2	26.5	49
		11—12	150	5	11.4	15.8
	28	6—8	150	13	2.2	14
		11—12	153	4.2	7.7	4.2
14:10	26	6—8	161	100	95.6	98
		11—12	150	86.5	71.4	80.6
	28	6—8	150	90	95.9	96.2
		11—12	147	27.3	54.8	41.9
13:11	26	6—8	154	100	100	96.2
		11—12	150	90	85.7	90
	28	6—8	150	91.8	93.8	93.9
		11—12	149	89.1	97.8	68.1
12:12	26	6—8	163	98.1	100	100
		11—12	150	100	95.7	95.8
	28	6—8	150	95.6	93	97.9
		11—12	150	100	100	100

* 不同季节的油松针叶，6—8 月为生长季节，11—12 为非生长季节。

表 5 方差分析

变异来源	自由度	平方和	方 差	F	$F_{\alpha}=0.05$	$F_{\alpha}=0.01$
光周	4	93098.849	23274.71	717.95***	2.61	3.83
温度	1	1419.12	1419.12	43.78**	4.08	7.31
营养	1	2281.667	2281.667	70.38**	4.08	7.31
光周×温度	4	825.598	206.4	6.37**	2.61	3.83
光周×营养	4	2417.318	604.33	18.64**	2.61	3.83
营养×温度	1	3.456	3.456	<1	4.08	7.31
光周×营养×温度	4	1704.93	426.23	13.15**	2.61	3.83
误差	40	1296.735	32.42	—	—	—
总 计	59	103047.673	—	—	—	—

化情况。

营养条件对临界光周的影响虽然显著，但目前尚未积累足够的油松针叶中营养成分及其变动原因的资料，无法深入阐述营养与油松毛虫生长发育的相关。

至于光周与营养，光周与温度、以及光周、营养、温度三者之间的交互作用及其对油松毛虫生长发育的影响，情况更要复杂得多。自然界中，油松林因地理位置不同，纬度、海拔、坡向、郁闭度等的差异，都在影响着林内的小气候；而立地条件的不同，土质、肥力、下木以及林分组成的差异决定着林木的营养来源。这些也都在影响着以油松针叶为食的油松毛虫的生长，发育和存活。这种害虫和寄主的相关，在北方，一方面随着油松当年生长的停止，顶芽的形成和进入休眠状态，油松毛虫也就随之滞育和越冬。另一方面，在同一林区内，由于林地的局部差异，某些地段适于松毛虫虫口的增长，形成了松毛虫的发生基地。在这里，光周、营养、温度交互作用的影响，至少是决定松毛虫种群数量变动的主要原因之一。在松毛虫的猖獗年份，这类交互作用的影响也就更为突出，这方面问题的澄清，有待于今后工作的继续深入。

参 考 文 献

李兆麟、贾凤友，1989 油松毛虫的光周期反应。昆虫学报 32(4): 410—7。

Danilevsky, A. S. et al. 1970 Biological rhythms in terrestrial arthropods. *Ann. Rev. Entomol.*, 15: 201—44.

Scriber, J. M. et al. 1981 The nutritional ecology of immature insects. *Ann. Rev. Entomol.*, 26: 183—211.

Tauber, M. J. et al. 1976 Insect seasonality: diapause maintenance, termination and postdiapause development. *Ann. Rev. Entomol.*, 21: 81—107.

INFLUENCE OF TEMPERATURE AND NUTRITION ON THE PHOTO PERIODIC REACTION OF PINE CATERPILLAR *DENDROLIMUS TABULAEFORMIS* TSAI ET LIU

Li Zhao-lin Jia Feng-you

(*Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing* 100091)

Within the temperature range favourable for growth, the critical photoperiod of the pine caterpillar *Dendrolimus tabulaeformis* Tsai et Liu lengthens with decrease of temperature. The nature and age of pine needles consumed by the larvae in different season obviously influence their growth, development and survival, and this factor would in turn influence their photoperiodic reaction. The results of variance analysis showed that short photoperiod is the key factor to induce larval diapause, and temperature and nutrition also have their effect on the critical photoperiod. These factors interact in a complex way in the determination of incidence of diapause of the caterpillars. The result will certainly provide the scientific basis for forcasting the population dynamics and damage of the caterpillars in a definite region.

Key words *Dendrolimus tabulaeformis* Tsai et Liu——photoperiodic reaction——critical photoperiod——temperature——nutrition